

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 471 196 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 91111878.4

(51) Int. Cl.⁵: G06F 15/70

(22) Anmeldetag: 16.07.91

(30) Priorität: 13.08.90 DE 4025623

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.02.92 Patentblatt 92/08

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: Mengel, Peter, Dr.

Roggensteiner Allee 32

W-8031 Eichenau(DE)

Erfinder: Haas, Gerhard, Dr.

Ringstrasse 52

W-8042 Schleissheim(DE)

Erfinder: Listl, Ludwig, Dipl.-Ing.

Bert-Brecht-Allee 8

W-8000 München 83(DE)

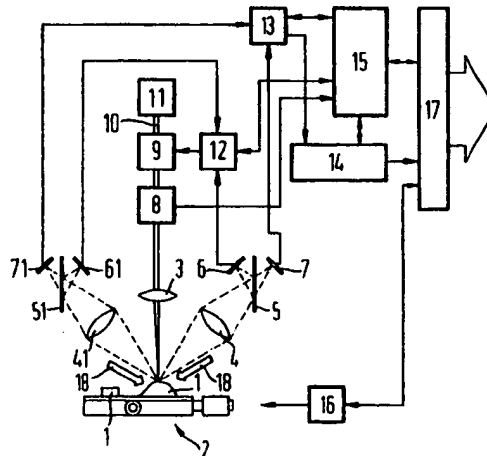
Erfinder: Ziegner, Ralf, Dipl.-Ing.

Waldsiedlung 17

W-8011 Faistenhaar(DE)

(54) Verfahren zur Bildanalyse.

(57) Zur Bildanalyse, insbesondere zur Klassierung von Flachbaugruppen in der Elektronik, werden größtenteils optische Prüfverfahren eingesetzt. Mittels der Lasertriangulation lassen sich dreidimensionale Höhenbilder in digitalisierter Form aufnehmen. Bei der Grauwertbildverarbeitung werden dreidimensionale Daten aus zweidimensional vorliegenden Grauwertbildern, die die Helligkeitsverteilung wiedergeben, abgeleitet. Da die dreidimensionale Bildanalyse mit Triangulation wesentliche Vorteile hat, soll die Lötstelleninspektion ebenfalls mittels dieses Verfahrens durchgeführt werden. Dazu werden von einem Testobjekt gleichzeitig dreidimensionale Höhenbilder und zweidimensionale Grauwertbilder in digitalisierter Form aufgenommen und Plausibilitätskontrollen zwischen den beiden verschiedenartigen Bildinformationen (jeweils an korrespondierenden Orten) durchgeführt. So kann eine aufgrund von Fehlmessungen im dreidimensionalen Höhenbild nicht identifizierbare Information durch die korrespondierenden Informationen des zweidimensionalen Grauwertbildes ersetzt werden.



EP 0 471 196 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildanalyse, bei dem durch Triangulation ein dreidimensionales Bild aufgenommen wird. Der Dateninhalt dieses Bildes wird durch Extraktion bestimmter Bildmerkmale reduziert. Anhand der extrahierten Bildmerkmale wird eine Klassierung vorgenommen, die auf der Grundlage des Vergleiches mit einem Muster oder idealen Daten ein zu prüfendes Bild in verschiedene Klassen einordnet. Die verschiedenen Klassen sind stellvertretend für beispielsweise die Übereinstimmung des Prüflings mit einem Muster bzw. der Fehlerfreiheit des Prüflings oder für das Vorliegen eines bestimmten Fehlers.

Die industrielle Meß- und Prüftechnik muß aufgrund des starken Wandels in den Montagetechnologien ständig angepaßt werden. Dabei wird der Anspruch auf hohe Flexibilität bei gleichzeitig steigendem Automatisierungsgrad erhoben. Hierzu werden neue Prüfmethoden und Prüfstrategien entwickelt. Visuelle Prüfungen durch den Menschen scheiden dabei aufgrund der begrenzten Prüfsicherheit und aufgrund des personellen Aufwands zunehmend aus. In der Automatisierung der Verfahren gewinnt dabei die Rückkopplung der Prüfdaten zur Regelung beispielsweise der Fertigungsprozesse zunehmend an Bedeutung. Das erklärte Ziel dabei ist eine ganzheitliche Betrachtung aller aufeinander wirkenden Prozesse, sowie ihre Wechselbeziehungen untereinander bis zum Endprodukt hin zu verfolgen.

Insbesondere bei der Herstellung von bestückten Leiterplatten, sogenannten Flachbaugruppen, sind Prüfverfahren erforderlich, die komplexe Aufgaben bei gleichzeitig flexiblem Einsatz bewältigen müssen. Die Anforderungen bestehen insbesondere in einer sicheren Erkennung aller vorkommenden Fehler, in einer hohen Prüfgeschwindigkeit, sowie in einer automatischen Generierung von Prüfprogrammen. Für eine sichere Erkennung ist ein hohes Auflösungsvermögen optisch arbeitender Prüfverfahren notwendig. Eine hohe Prüfgeschwindigkeit ermöglicht die Synchronisierung der Prüfung mit den vorgeschalteten Fertigungsverfahren. Eine automatische Generierung von Prüfprogrammen kann beispielsweise auf der Grundlage von CAD-CAM-Daten geschehen.

Als visuelle und automatisierbare Prüfverfahren kommen prinzipiell die optische Graubildverarbeitung, die optische 3D-Sensorik mit Laser-Scanner, die Röntgentechnik und die thermische Laserimpuls-Infrarotmethode in Frage. Dabei hat jedes Verfahren für sich besondere Vorteile. Trotzdem stößt beispielsweise die Grauwertbildverarbeitung bei wechselnden Lichtintensitäten am zu prüfenden Objekt bei einem Dynamikbereich von 1:500 an ihre Grenzen.

Die in der Fertigung von Flachbaugruppen überwiegend eingesetzte optische 3D-Sensorik ermöglicht die direkte Bestimmung der Oberflächenkoordinaten einer Vielzahl von Punkten auf der Oberfläche einer Flachbaugruppe. Das hierzu verwendete Verfahren der Triangulation basiert auf der diffusen Reflexion eines Lichtstrahles. Die besonderen Vorteile dieses Verfahrens sind die weitreichenden Aussagen bezüglich der Form, der Position und der räumlichen Orientierung der Bestückkomponenten auf einer Flachbaugruppe. Man erhält hier ein dreidimensionales Rasterbild. Neben einer zuverlässigen und kontrastunabhängigen Trennung der Bestückkomponenten vom Hintergrund der Leiterplatte erlaubt ein dreidimensionales Bild dieser Art die Ableitung von globalen geometrischen Daten, die zur Reduzierung der Bilddaten durch Extraktion bestimmter Bildmerkmale herangezogen werden können. Hier sind Maxima, Volumina, Form und Neigung von Oberflächen zu nennen. Da bei einer Flachbaugruppe, die mit verschiedensten elektronischen Bauelementen bestückt ist, nicht nur die Bauelemente ansich, sondern auch die Lötstellen geprüft werden sollen, muß erneut die Sicherheit des Verfahrens bei der Bearbeitung von teilweise reflektierenden Oberflächen betrachtet werden. In diesem Zusammenhang ist es bekannt, die 3D-Bildaufnahme mittels Triangulation durch die Aufnahme eines Grauwertes mittels einer Fotodiode zu unterstützen, wobei im Stand der Technik jedoch lediglich eine Nachregelung des Meßstrahles (Laserstrahl) für jeden aktuell abgetasteten Punkt vorgenommen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Erkennungssicherheit bei der Bildanalyse mittels dreidimensionaler Bildaufnahme zu erhöhen, damit auch reflektierende Oberflächen mit hoher Sicherheit geprüft und klassiert werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 wiedergegeben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Erkennungssicherheit bei der Bildanalyse, deren Bildaufnahme auf der Triangulation basiert und die eine Klassierung anhand von extrahierten Bildmerkmalen durchführt, durch die gleichzeitige Verarbeitung von Bildmerkmalen aus dem Grauwertbild wesentlich erhöht werden kann. Hierbei wird neben den Bildmerkmalen aus dem Höhenbild zusätzlich aus dem Grauwertbild eine bestimmte Anzahl von Bildmerkmalen extrahiert und die Summe aller Bildmerkmale zur Klassierung des Bildes herangezogen. Somit lassen sich bestimmte Teile eines Prüflings, die aus dem Höhenbild nicht eindeutig zu identifizieren sind, mittels der zusätzlich auswertbaren Bildmerkmale ableiten.

Es ist besonders vorteilhaft, die aus dem Grauwertbild extrahierten Bildmerkmale zu einer Plausibilitätsprüfung heranzuziehen. Die für einen bestimmten Punkt oder Bereich aus dem Höhenbild zu entnehmende

Information in Form eines Bildmerkmals wird mit der korrespondierenden, d. h. auf den gleichen Ort bezogenen Information aus dem Grauwertbild verglichen. Dieser Vergleich erhöht die Meßsicherheit durch die Ausschaltung von Fehlertationen aus lediglich einem Bild, dem Höhenbild oder dem Grauwertbild. Da korrespondierende Bildmerkmale aus dem Höhenbild und dem Grauwertbild logischerweise die gleichen Teile der Oberfläche wiedergeben, muß die Aussage aus jedem der beiden Bilder korrelieren.

Zur Ausschaltung von nachteiligen Reflexionen auf einem zu prüfenden Objekt können die Reflektanzeigenschaften des Objektes durch eine Betauung einheitlich vermindert werden. Hierzu wird in einfacher Weise zerstäubtes Wasser mit einem Luftstrom verdunstet und auf die aktuell geprüfte Stelle geleitet, wobei durch die Prozeßführung oder -Regelung eine Betauung, d. h. eine Kondensation des Wassers auf der Oberfläche des Objektes erzielt wird.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung erhöht ebenfalls die Erkennungssicherheit und besteht aus der Messung durch Triangulation aus zwei gegenüberliegenden Seiten oder Richtungen bezüglich des gleichen zu messenden Punktes. Diese Anordnung ist zweckmäßigerweise spiegelsymmetrisch zu einem messenden Lichtstrahl, der in der Regel senkrecht auf der Objektoberfläche steht, ausgebildet. Hierdurch werden Abschattungen, die durch Kanten bei einseitiger Detektion der 3D-Höhendaten auftauchen, vermieden.

Im folgenden wird anhand der schematischen Figur ein Ausführungsbeispiel beschrieben.

Die Figur zeigt einen X/Y-Tisch 2 mit verschiedenartigen Testobjekten 1. Mittels der Ansteuerung 16 des X/Y-Tisches 2 ist dieser rasterartig verfahrbar und das gesamte System kennt gleichzeitig die X, Y-Koordinaten des aktuell zu prüfenden Fensters auf einer Flachbaugruppe. In der Regel wird für das Anwendungsgebiet der Bildanalyse und der Prüfung an elektronischen Flachbaugruppen die Triangulation mittels eines Lasers durchgeführt. In der Figur wird zur Erzeugung des Laserstrahles 10 der Laser 11 eingesetzt, wobei ein Modulator 9 und ein Schwingspiegel 8, sowie ein Scan-Objektiv 3 nachgeschaltet sind. Die Fenster werden rasterartig auf der Flachbaugruppe verschoben und innerhalb eines momentan feststehenden Fensters wird jeweils durch den abgelenkten Laserstrahl 10 eine hohe Anzahl von Bildpunkten bzw. Oberflächenpunkten scannend aufgenommen. Die Bildaufnahme geschieht über positionsempfindliche Detektoren, sogenannte Positionssensoren 7, 71. Die am Testobjekt 1 diffus gestreute Strahlung wird über Objektive 4, 41 auf die Positionssensoren 7, 71 geleitet, die ihrerseits nach optoelektronischer Wandlung ein elektrisches Signal an eine Sensorkopplung 13 weitergeben. Diese Sensorkopplung 13 führt gleichzeitig die Digitalisierung der Signale durch.

Wie in der Figur dargestellt ist die Anordnung der Positionssensoren zweifach ausgeführt, so daß Abschattungen durch Bauteilkanten auf dem Testobjekt nicht zu Fehlmessungen führen. Die Betauung 18 ist durch Pfeile angedeutet. Zweckmäßigerweise ist sie mit dem apparativen Aufbau der Lasertriangulationseinheit verbunden, so daß nur das aktuell abgetastete Fenster auf der Flachbaugruppe betaut wird.

Über zwei Strahlteiler 5, 51 kann ein Teil des reflektierten Lichtes auf die Fotodetektoren 6, 61 geleitet werden. Nach optoelektronischer Wandlung wird das daraus erhaltene Signal auf den Regler 12 geführt, der den Modulator 9 entsprechend regelt. Gleichzeitig sind der Regler 12 und der Schwingspiegel 8 direkt mit der Ablaufsteuerung 15 verbunden.

Die Organisation der Koordinaten wird durch die Koordinatenauswertung 14 vorgenommen. Die Daten der Ablaufsteuerung 15, der Koordinatenauswertung 14 und der Ansteuerung 16 des X/Y-Tisches werden insgesamt über ein Interface 17 einem Rechner zugeführt.

Zur näheren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden nochmals die einzelnen Verfahrensschritte in ihrer Reihenfolge aufgeführt:

Ein Testobjekt 1 wird mittels der Lasertriangulation unter Einsatz eines Scanners abgetastet, bildhaft aufgenommen und gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt liegen die digitalen Bilddaten in Form eines Höhenbildes und in Form eines Grauwertbildes vor. Gleichzeitig ist der Zugriff auf CAD/CAM-Daten möglich. An dieser Stelle können bereits Plausibilitätskontrollen zwischen dem dreidimensionalen Höhenbild und dem zweidimensionalen Grauwertbild erfolgen. Nach der Extraktion der Bildmerkmale werden ebenfalls Plausibilitätsvergleiche zwischen den beiden Bildern angestellt, die sich jetzt jedoch auf konkrete Bildinhalte beziehen. Im nächsten Schritt wird die endgültige Analyse mit der Verkettung der verschiedenen Bilderkennungsoperationen durchgeführt. Dabei kann beispielsweise die Darstellung einer gleichbleibenden Höhe oder einer unterschiedlichen Oberflächenstruktur im dreidimensionalen Höhenbild unter Umständen nicht aufgrund der aufgenommenen Meßdaten durchgeführt werden. Hierzu dienen die zusätzlich gleichzeitig aufgenommenen und auch gleichzeitig mitverarbeiteten zweidimensionalen Aussagen aus dem Grauwertbild. Somit können Fehlinformationen herausgefiltert werden. Diese Form der Bildanalyse, die auf Grauwert- und Höheninformationen aufbaut und mit globalen Mustererkennungsoperationen verbunden ist, stützt sich demnach auf eine assoziative Auswertung.

Somit kann neben der bisher durch Lasertriangulationsverfahren mit gutem Ergebnis durchgeführten

Bestückungsprüfung auch die Prüfung von Lötstellen auf einer bestückten Leiterplatte mit hoher Erkennungsgenauigkeit von Fehlern und geringer Alarmrate (Fehlermeldung bei ansich guten Lötstellen) durchgeführt werden.

Zu erkennen sind beispielsweise:

- 5 - Lotbrücken
- Anschluß nicht sichtbar
- Anschluß nicht benetzt
- Lotumfließung unvollständig
- Lotzapfen größer als vorgegeben
- 10 - Lotkugel oder Lotperle
- Ausbläser

Es können prinzipiell Lötstellen an bedrahteten Bauelementen, an schwallgelöteten Oberflächenbauelementen (SMD) und an reflow-gelöteten SMDs geprüft werden. Eine zusätzliche Erkennungsoperation ist dabei die Bestimmung der Oberflächeneigenschaften eines Testobjektes 1. Defekte wie beispielsweise ein fehlerhaft hochstehendes Bauelement (Tombstoneeffekt) werden zuverlässig erkannt.

Der Dynamikbereich eines beschriebenen Verfahrens ist mit Sicherheit größer als 1:2000. Dies beruht auf den Maßnahmen, die zur Reduzierung von Stör- und Mehrfachreflexionen getroffen wurden.

Eine Einbindung des Verfahrens in den Material- und Informationsfluß der Fertigung erfolgt über geeignete Kommunikationsschnittstellen. Stehen beispielsweise keine CAD-Daten zur Verfügung, so kann 20 auch auf Musterbaugruppen zurückgegriffen werden, deren Daten im "Teach-In-Verfahren" an das Bilderkennungssystem übertragen werden.

Technische Daten eines Bilderkennungsautomaten:

25 Flachbaugruppe im Europaformat:

	Gesamtinhalt der aufgenommenen Information	15 MByte
	reduzierter Inhalt der Prüfinformation	20 kByte
30	Sensorauflösung	70 µm
	Gesamtprüfzeit	30 sek
35	digitalisierte Höhen- und Grauwertdaten	8 Bit
	Abtastrate	200 kHz
	Erkennungssicherheit	größer 96 %
40	Fehlermeldungen	kleiner 0,3 % (3000 ppm)

45 Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildanalyse eines mittels Triangulation dreidimensional aufgenommenen und digitalisierten Höhenbildes unter Verwendung einer anhand von extrahierten Bildmerkmalen durchgeführten Klassierung, insbesondere zur visuellen automatischen Inspektion von Lötstellen an bestückten Leiterplatten, wobei gleichzeitig ein zweidimensionales Grauwertbild in digitalisierter Form aufgenommen wird und für jeden zu verarbeitenden Bildpunkt die korrespondierenden Werte des Höhenbildes und des Grauwertbildes gleichzeitig in die Extraktion der Bildmerkmale eingehen.
- 50 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Grauwertbild extrahierte Bildmerkmale zur Prüfung der Plausibilität in Bezug auf korrespondierende Bildmerkmale aus dem Höhenbild eingesetzt werden.
- 55 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer

EP 0 471 196 A2

Betauungseinrichtung ein zu prüfendes Objekt zur Vergleichmäßigung der Reflektionseigenschaften oberflächlich betaut wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Betauung ein nahezu wassergesättigter Luftstrom verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bildaufnahme mittels Triangulation zweifach und spiegelsymmetrisch in Bezug auf einen messenden Lichtstrahl ausgebildet ist.

10

15

20

25

30

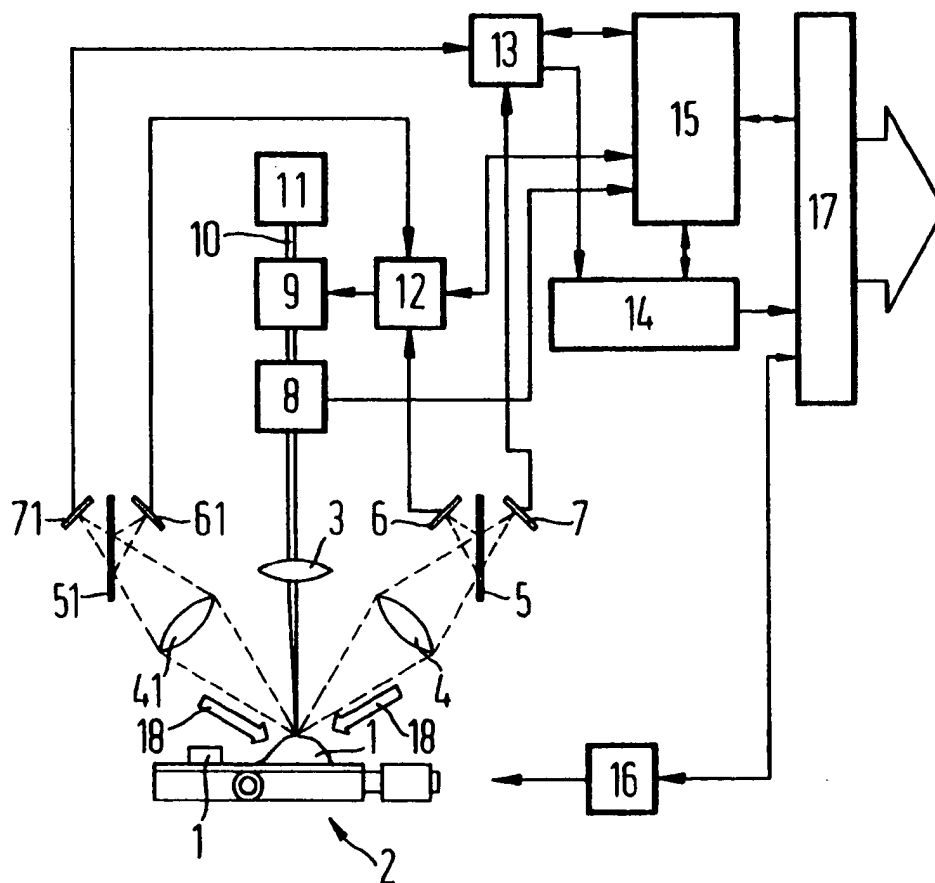
35

40

45

50

55



(19)



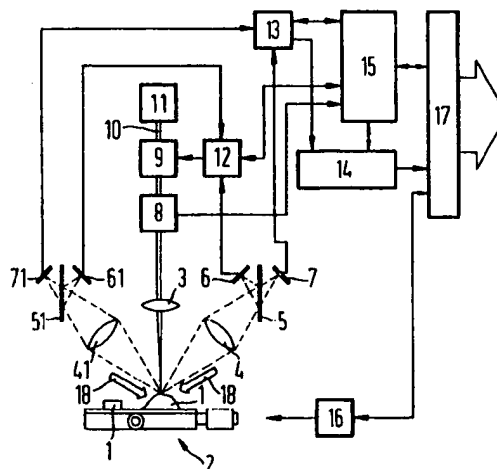
Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 471 196 A3**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(21) Anmeldenummer: **91111878.4**(51) Int. Cl.⁵: **G06F 15/70**(22) Anmeldetag: **16.07.91**(30) Priorität: **13.08.90 DE 4025623**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.02.92 Patentblatt 92/08(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI(88) Veröffentlichungstag des später veröffentlichten
Recherchenberichts: **07.09.94 Patentblatt 94/36**(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München (DE)(72) Erfinder: **Mengel, Peter, Dr.**
Roggensteiner Allee 32
W-8031 Eichenau (DE)
Erfinder: **Haas, Gerhard, Dr.**
Ringstrasse 52
W-8042 Schleissheim (DE)
Erfinder: **Listl, Ludwig, Dipl.-Ing.**
Bert-Brecht-Allee 8
W-8000 München 83 (DE)
Erfinder: **Ziegner, Ralf, Dipl.-Ing.**
Waldsiedlung 17
W-8011 Faistenhaar (DE)(54) **Verfahren zur Bildanalyse.**

(57) Zur Bildanalyse, insbesondere zur Klassierung von Flachbaugruppen in der Elektronik, werden größtenteils optische Prüfverfahren eingesetzt. Mittels der Lasertriangulation lassen sich dreidimensionale Höhenbilder in digitalisierter Form aufnehmen. Bei der Grauwertbildverarbeitung werden dreidimensionale Daten aus zweidimensional vorliegenden Grauwertbildern, die die Helligkeitsverteilung wiedergeben, abgeleitet. Da die dreidimensionale Bildanalyse mit Triangulation wesentliche Vorteile hat, soll die Lötstelleninspektion ebenfalls mittels dieses Verfahrens durchgeführt werden. Dazu werden von einem Testobjekt gleichzeitig dreidimensionale Höhenbilder und zweidimensionale Grauwertbilder in digitalisierter Form aufgenommen und Plausibilitätskontrollen zwischen den beiden verschiedenartigen Bildinformationen (jeweils an korrespondierenden Orten) durchgeführt. So kann eine aufgrund von Fehlmessungen im dreidimensionalen Höhenbild nicht identifizierbare Information durch die korrespondierenden Informationen des zweidimensionalen Grauwertbildes ersetzt werden.

**EP 0 471 196 A3**



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 91 11 1878

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
X	APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE VII, ORLANDO, FL, USA, 28-30 MARCH 1989, ISSN 0277-786X, PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 1989, USA, PAGE(S) 1134 - 1141 Koezuka T et al 'High-speed 3-D vision system using range and intensity images covering a wide area' * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Seite 1134, Zeile 22 - Zeile 28 * ---	1-5	G06F15/70
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 279 (P-1062) 15. Juni 1990 & JP-A-02 082 105 (FUJITSU LTD) 22. März 1990 * Zusammenfassung *	1-5	
A	OPTICS, ILLUMINATION, AND IMAGE SENSING FOR MACHINE VISION, CAMBRIDGE, MA, USA, 30-31 OCT. 1986, ISSN 0277-786X, PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 1987, USA, PAGE(S) 203 - 210 Landman M M et al 'A flexible industrial system for automated three-dimensional inspection' * Seite 204, Zeile 20 - Zeile 24 * * Seite 206, Zeile 5 - Zeile 13 * -----	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			G06F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14. Juli 1994	Prüfer Pierfederici, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 OLJ2 (P04C00)